

Universidade de Lisboa – Faculdade de Medicina Dentária



**Reparação de Compósitos: Influência do tratamento de
superfície e do envelhecimento em elixires na força da adesão**

Inês Sofia Antunes Pinto Pinheiro

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2012

Universidade de Lisboa – Faculdade de Medicina Dentária



Reparação de Compósitos: Influência do tratamento de superfície e do envelhecimento em elixires na força da adesão

Dissertação orientada pelo Prof. Doutor Jaime Pereira Fontes de Almeida Portugal

Inês Sofia Antunes Pinto Pinheiro

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2012

À minha mãe

Que embora ausente,

Estará sempre presente.

Ao meu Pai.

À minha Irmã.

AGRADECIMENTOS

Queria desde já apresentar os meus agradecimentos a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho e sem os quais tal não teria sido possível.

Ao Professor Doutor Jaime Pereira Fontes de Almeida Portugal, Vice-diretor da Faculdade de Medicina Dentária de Lisboa, pela orientação, pela disponibilidade sempre demonstrada e pelos ensinamentos essenciais para a execução deste trabalho. Espero ter correspondido às suas expectativas.

À Dra Filipa Chasqueira, pela ajuda imprescindível e horas perdidas na execução laboratorial deste trabalho.

À Professora Doutora Sofia Arantes e Oliveira, pelos ensinamentos e simpatia com que sempre me tratou.

Ao Dr Gonçalo Barragan e à Dra Joana Fróis, o meu muito obrigado, pela ajuda na execução laboratorial deste trabalho, e pelo carinho e paciência. Sem eles a execução deste trabalho teria sido bem mais difícil.

À Ana Luísa e à Adriana, colegas de faculdade, amigas para a vida. Com elas divido os méritos desta conquista, porque também lhes pertence.

Aos meus restantes colegas e amigos da faculdade, que tornaram mais fácil esta longa caminhada.

Aos meus amigos Joana e Hugo, pelo apoio incondicional, amizade e incentivo para continuar.

Ao Diogo, por estar sempre presente.

À minha restante família, porque sem eles não seria o que sou hoje.

RESUMO

Objetivos: 1) avaliar a influência do envelhecimento artificial em elixires orais e de diferentes tratamentos mecânicos de superfície na resistência adesiva da reparação de resinas compostas; e 2) determinar a influência dos meios de envelhecimento artificial na microdureza do compósito envelhecido.

Materiais e Métodos: Foram preparados 120 discos de compósito nanohíbrido (GrandioSO, VOCO) com forma e dimensão padronizados e divididos aleatoriamente em 4 grupos (n=30), de acordo com o meio de envelhecimento utilizado (Listerine, Eludril Perio, Lacer Ouros e Água destilada). Após um período de 5 dias em estufa (37°C, 100% de humidade relativa), durante os quais os espécimes foram submetidos a 12 ciclos de imersão de 2 horas nos respetivos meios de envelhecimento, foi determinada a microdureza Knoop. Seguidamente, cada grupo foi dividido em 3 subgrupos de acordo com o tratamento mecânico de superfície (jacteamento com partículas de óxido de alumínio de 50 µm, tratamento abrasivo com broca diamantada e nenhum tratamento) realizado. Foram constituídos 12 grupos experimentais (n=10). 24 Horas após a reparação do compósito, com um sistema adesivo (Solobond M, VOCO) e compósito (GrandioSO, VOCO), realizaram-se ensaios de resistência à fratura sob tensões de corte, seguindo-se a análise da falha produzida.

Resultados: Os valores médios de microdureza variaram entre 469,43HK e 530,31HK. O grupo experimental da água destilada apresentou valores de microdureza estatisticamente ($p < 0,05$) mais elevados. Não se verificaram diferenças significativas ($p \geq 0,05$) entre os elixires. Os valores médios de resistência adesiva variaram entre 36,21MPa e 50,41MPa mas não foram influenciados de forma estatisticamente significativa nem pelo tratamento de superfície ($p = 0,165$), nem pelo método de envelhecimento ($p = 0,214$). Para o tipo de falha produzida, também não se observaram diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre grupos.

Conclusões: Apesar da microdureza do compósito ser influenciada negativamente pelo contacto com os elixires orais estudados, a resistência adesiva do compósito reparado não é afetada.

Palavras-chave: reparação, resina composta, envelhecimento artificial, microdureza.

ABSTRACT

Objectives: 1) to assess the influence of mechanical surface treatments and artificial aging in mouthwashes, on the shear bond strength of repaired composite resin; and 2) to evaluate the effect of the mouthwashes on the composite Knoop microhardness.

Materials and Methods: 120 composite resin (GrandioSO, VOCO) specimens with standardized shape and size were prepared, and randomly divided into 4 groups (n=30), according the used aging media. After a period of 5 days in an oven (37°C with a relative humidity of 100%), during which were submitted to 12 cycles of 2 hours of immersion in the respective aging media, the Knoop microhardness was determined. Then, each group was divided into 3 groups based on the mechanical surface treatment performed (sandblastlasting with aluminum oxide particles, abrasion using a diamond bur and no treatment). Thus, 12 experimental groups were created (n=10). 24 hours after the repair of the composite, which was performed using an adhesive system (Solobond M VOCO) and composite (Grand VOCO), the specimens were loaded to failure in shear mode, followed by the analysis of the produced failure.

Results: The mean microhardness values ranged from 469,43HK to 530,31HK. The group of specimens aged in distilled water presented significantly harder surface then the other experimental groups ($p < 0,05$). No statistically significant differences were found ($p \geq 0,05$) between other groups. The mean bond strength ranged between 36,21MPa and 50,41MPa, but none the immersion media ($p = 0,214$) nor the mechanical surface treatments ($p = 0,165$) had significant effect on the bond strength. Regarding the failure type, there was no statistically significant differences ($p \geq 0,05$) between groups.

Conclusions: In spite of the fact that hardness of the composite is negatively affected by contact with the mouthwashes used in this study, the bond strength of composite repair is not affected.

Key-words: repair, composite resin, artificial aging, microhardness.

ÍNDICE

Introdução	1
Reparação versus substituição	1
Degradação do compósito em meio oral.....	3
Adesão entre compósito pré-existente e compósito reparador	4
Objetivos do estudo	6
Materiais e Métodos	8
Preparação dos espécimes.....	8
Protocolo de envelhecimento artificial	9
Microdureza pós envelhecimento	9
Tratamento de superfície.....	10
Reparação e montagem dos espécimes nas placas de Watanabe	11
Ensaio de resistência mecânica – SBS	12
Caracterização do tipo de falha.....	12
Análise estatística.....	13
Resultados	14
Microdureza – Análise estatística descritiva	14
Microdureza – Análise de variância fatorial.....	15
Resistência adesiva – Análise estatística descritiva.....	16
Resistência adesiva – Análise de variância fatorial	17
Tipo de falha criada – Análise estatística descritiva	17
Tipo de falha criada – Análise de variância fatorial	18
Discussão	19
Conclusão	26
Referências bibliográficas.....	27
Anexos.....	33
Anexo 1 – Índice de figuras, gráficos e tabelas	33
Anexo 2 – Imagens da análise da falha de união	36

INTRODUÇÃO

A utilização das resinas compostas em dentisteria restauradora está bem estabelecida e tem aumentado significativamente nos últimos 25 anos (Sharif *et al*, 2010). A explicação deste facto parece prender-se com a crescente exigência estética dos pacientes, bem como com o aperfeiçoamento das propriedades físicas e químicas destes materiais. No entanto, apesar dos recentes avanços tecnológicos, as restaurações em resinas compostas continuam a ter uma longevidade limitada, especialmente quando são realizadas em dentes posteriores (Lucena-Martín *et al*, 2001; Gordon *et al*, 2006; Gordon *et al*, 2009). Esta limitação poderá dever-se a fatores inerentes ao paciente, tais como higiene oral, dieta e cargas mastigatórias; a fatores inerentes ao próprio material, como contração de polimerização, coeficiente de expansão térmica, resistência ao desgaste e sensibilidade da técnica adesiva; e ainda à capacidade e técnica do operador (Gordan *et al*, 2003; Ozcan *et al*, 2007; Demarco *et al*, 2012).

Apesar da cárie secundária ser unanimemente apontada como a principal causa de falha das restaurações em resina composta (Shen *et al*, 2004; Gordon *et al*, 2006; Bernardo *et al*, 2007; Sharif *et al*, 2010), a fratura do material de restauração ou da estrutura dentária adjacente, o desgaste, a descoloração ou pigmentação, e até, dor ou desconforto, são também considerados por alguns autores como causa de insucesso da restauração (Gordan *et al*, 2006; Moncada *et al*, 2009; Papacchini *et al*, 2007). De uma forma geral, quando expostas ao meio ambiente da cavidade oral, as resinas compostas degradam-se com o tempo, estimando-se que durante os primeiros 7 a 8 anos em função, cerca de metade das restaurações necessite de intervenção clínica (Moncada *et al*, 2009). Perante esta situação, o clínico poderá optar pela sua substituição ou reparação.

Reparação versus Substituição

A substituição, que consiste na total remoção da restauração defeituosa e realização de uma nova, tem sido tradicionalmente preferida pela maioria dos clínicos. No entanto, este procedimento poderá traduzir-se numa maior destruição da estrutura dentária hígida e num aumento do tamanho da cavidade a restaurar (Oliveira *et al*, 2005; Gordon *et al*, 2006; Cavalcanti *et al*, 2007; Rinastiti *et al*, 2010; Sharif *et al*, 2010; Jafarzadeh *et al*, 2011). Por outro lado, além de ser um processo mais demorado e dispendioso (Rinastiti *et al*, 2010), existe uma maior probabilidade de provocar lesão

pulpar pela criação de tensões térmicas ou mecânicas (Gordan *et al*, 2009; Sharif *et al*, 2010; Rinastiti *et al*, 2010). Para além dos já citados, outro problema pode surgir quando se procede à remoção destas restaurações, que é a dificuldade na identificação da interface estrutura dentária/compósito, devido à semelhança de tonalidade do material em relação às estruturas dentárias (Portugal *et al*, 2002).

A reparação consiste na remoção apenas do defeito identificado, permitindo a preservação de parte da restauração (Blum *et al*, 2011). Trata-se de uma técnica com menor risco de provocar lesão iatrogénica, menos dispendiosa, que muitas vezes dispensa a utilização de anestesia, mais simples e rápida, tornando-se mais confortável para o paciente (Lucena-Martín *et al*, 2001; Shen *et al*, 2004; Sharif *et al*, 2010; Blum *et al*, 2011). São diversos os estudos que têm vindo a demonstrar o bom desempenho clínico de restaurações reparadas, com uma longevidade semelhante a restaurações novas (Gordan *et al*, 2003; Moncada *et al*, 2008; Gordan *et al*, 2009; Moncada *et al*, 2009; Fernandez *et al*, 2011), fazendo da reparação uma opção de tratamento válida e mais conservadora (Murdoch-Kinch & McLean, 2003). A evidência científica que nos últimos anos tem suportado as vantagens desta opção, parece ser o motivo que tem levado à adoção do seu ensino em faculdades de Medicina Dentária, de diversos países (Gordan *et al*, 2003; Blum *et al*, 2011; Lynch *et al*, 2012; Blum *et al*, 2012). Os estudos efetuados nestes países revelam que 88-94% das escolas inclui o ensino da reparação nos seus programas, mostrando que este está bem estabelecido.

Deste modo, a remoção completa de restaurações com defeitos nem sempre é necessária ou desejável (Oliveira *et al*, 2005; Cavalcanti *et al*, 2007). No entanto, na maior parte das vezes, a avaliação da qualidade de uma restauração é feita de forma subjetiva, levando a que uma restauração que se desvia ligeiramente do ideal, mas que é clinicamente aceitável, acabe por ser prematuramente substituída. Quando o clínico pondera entre estas duas opções, a decisão final deverá depender não só da sua experiência, que poderá condicionar um correto diagnóstico, das características específicas do paciente, tais como oclusão, nível de higiene oral e risco de cárie, mas também da vontade deste (Murdoch-Kinch & McLean, 2003).

Degradação do compósito em meio oral

Para que a reparação de uma restauração em compósito permita obter resultados clínicos satisfatórios, seria desejável o estabelecimento de adesão efetiva entre o compósito da restauração original e o compósito reparador. Pelo facto do material da restauração original estar, durante um certo período de tempo, na cavidade oral exposto a um ambiente adverso, podem ocorrer várias alterações na sua superfície que poderão condicionar o sucesso da reparação subsequente, como a sorpção de água (Örtengren *et al*, 2001; Tezvergil *et al*, 2003; Bagheri *et al*, 2007; Fawzi *et al*, 2008). A água tem a capacidade de se difundir internamente através da matriz da resina, interface entre a matriz e as partículas de carga, poros ou outros defeitos, e lentamente provocar o amolecimento da matriz, com perda dos seus constituintes (iões, partículas de carga e monómero residual), e consequente formação de microfraturas e degradação química da resina (Örtengren *et al*, 2001; Tezvergil *et al*, 2003; Bagheri *et al*, 2007; Fawzi *et al*, 2008). Por sua vez, a degradação química pode resultar na redução das propriedades mecânicas do material, como a resistência à fratura e a dureza. Por outro lado, a sorpção moderada de água pode ter um efeito benéfico, a expansão provocada pela entrada de fluídos na matriz polimérica do compósito poderá permitir aliviar a tensão interna provocada pela contração de polimerização, compensando a própria contração, e ainda melhorando o selamento marginal da restauração (Zhang & Xu, 2008). Fatores como a limitada estabilidade hidrolítica dos materiais, o grau de polimerização e de conversão e a composição química dos monómeros, determinam o grau de degradação e a intensidade com que o processo de envelhecimento afeta o desempenho da própria restauração (Örtengren *et al*, 2001; Papacchini *et al*, 2007).

Para além da humidade, outros fatores externos ao material poderão contribuir para a sua degradação química e mecânica, como é o caso das tensões desenvolvidas durante a mastigação, ação das enzimas salivares (Jaffer *et al*, 2002) e as constantes alterações térmicas e de pH (Örtengren *et al*, 2001; Bagheri *et al*, 2007). As variações de pH podem ser provocadas, por exemplo, pelos elixires orais, atualmente muito utilizados como coadjuvantes da higiene oral, na prevenção de cáries e tratamento da doença periodontal. A formulação destas soluções comercialmente disponíveis inclui substâncias como água, agentes antimicrobianos, sais, conservantes e, em alguns casos, álcool (Almeida *et al*, 2010).

Vários estudos têm mostrado haver uma ligação entre pH baixo, elevada concentração de álcool, e redução das propriedades mecânicas das resinas compostas (Almeida *et al*, 2010). Num estudo de Sadaghiani *et al* (2007), os valores de desgaste dos compósitos em diferentes variações de pH foram mais elevados do que nos espécimes controlo, mantidos em saliva artificial. Ferracane e Marker, no seu estudo em 1992, com compósitos com matriz de Bis-GMA e TEGDMA, concluíram que o armazenamento destes materiais numa solução 75%/25% etanol/água provocou uma redução das propriedades mecânicas, apontando como principal causa o amolecimento da matriz da resina, com provável fratura na interface matriz/partículas de carga. No entanto, a informação sobre a influência dos elixires nas propriedades das resinas compostas é ainda reduzida.

Adesão entre compósito pré-existente e compósito reparador

Durante a realização de uma restauração convencional, a união entre dois incrementos de resina composta é garantida pela presença de uma camada superficial de monómero que não reagiu, devido à presença de oxigénio que inibe a reação de polimerização. Esta camada permite uma co-polimerização com os monómeros da nova camada de resina composta, e possibilita a colocação incremental, mantendo os valores de resistência coesiva do material, e diminuindo a contração de polimerização (Tezvergil *et al*, 2003; Oliveira *et al*, 2005).

Após a polimerização final das restaurações em compósito, os grupos metacrilato que não reagiram perdem-se com o tempo, não só devido à polimerização passiva das resinas que vai ocorrendo nas primeiras 24 horas, mas também pela libertação gradual do monómero para o meio envolvente (Yesilyurt *et al*, 2009; Staxrud & Dahl, 2011). Assim, na reparação de uma restauração, o clínico depara-se com uma superfície envelhecida, com alterações químicas a nível da sua composição e sem a presença de uma camada superficial com monómero residual, comprometendo a união química entre os dois incrementos de compósito.

Tem sido demonstrado que a força da adesão entre compósito pré-existente e compósito reparador varia entre 15% a 82,5% da força coesiva do próprio material (Söderholm & Roberts, 1991; Lucena-Martin *et al*, 2001; Tezvergil *et al*, 2003; Fawzi *et al*, 2008). De forma a aumentar a resistência adesiva, tem sido advogado por diversos autores o condicionamento mecânico prévio da superfície do compósito reparador e a

utilização de agentes químicos de união (Lucena-Martin *et al*, 2001; Rodrigues *et al*, 2009). O condicionamento mecânico poderá ser realizado recorrendo a instrumentos rotativos, como a broca diamantada, jato com partículas de óxido de alumínio ou aplicação de ácido hidrófluorídrico, e tem como objetivo a remoção da camada superficial degradada, criando micro-retenções, aumentando a energia de superfície e a área de superfície.

Como a composição dos compósitos pode variar entre as marcas dos materiais, é provável que materiais diferentes possam reagir de forma diferente às várias técnicas de reparação (Loomans *et al*, 2011), impedindo que exista uma técnica que possa ser universalmente aplicável na reparação de compósitos e fazendo com que os resultados obtidos nem sempre sejam coincidentes.

A relação entre a força da adesão e as alterações da superfície, resultantes do processo de envelhecimento e/ou tratamentos aplicados, permanece pouco clara. A literatura é extensa e apresenta vários estudos comparativos, todavia não há consenso em relação às melhores técnicas de reparação de restaurações em resinas compostas, bem como em relação ao método de envelhecimento das mesmas, que melhor simule as condições intra-orais. Embora a cavidade oral seja o melhor ambiente para testar e prever o comportamento de restaurações, devido à diversidade e complexidade deste meio, a avaliação *in vivo* acarreta problemas éticos, demora tempo e é dispendiosa, tornando-se complicada de efetuar (Sadaghiani *et al*, 2007; Sideridou *et al*, 2007). Assim, os testes *in vitro* tornam-se essenciais para a simulação dos mecanismos de biodegradação (Sadaghiani *et al*, 2007). Para a simulação do processo natural de envelhecimento, os autores têm recorrido a termociclagem, armazenamento em água, água destilada, saliva artificial, soluções salinas, ácidas e alcoólicas (Brosh *et al*, 1997; Yap *et al*, 2001; Portugal *et al*, 2002; Padipatvuthikul & Mair, 2007; Ozcan *et al*, 2007; Sideridou *et al*, 2007; Mayworm *et al*, 2008; Rathke *et al*, 2009; Jafarzadeh *et al*, 2011; Loomans *et al*, 2011). Os métodos citados podem ainda ser utilizados em associação, como descrito nos estudos publicados em 2009 por Voltarelli *et al*, e em 2011 por Staxrud e Dahl, e Jafarzadeh *et al*. Estes autores associaram envelhecimento em água destilada com termociclagem. Podem ainda ser combinados com exposição a radiação UV (Melo *et al*, 2011) e luz visível (Yesilyurt *et al*, 2009).

OBJETIVOS DO ESTUDO

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar a capacidade de reparação de restaurações em resina composta.

Este objetivo geral foi concretizado nos seguintes objetivos específicos:

- Investigar a influência do envelhecimento do compósito em contacto com elixires orais (Listerine, Eludril e Lacer) na microdureza do compósito, de acordo com as seguintes hipóteses:
 - H0: A microdureza do compósito não é afetada pelo contacto com elixires orais
 - H1: A microdureza do compósito é afetada pelo contacto com elixires orais
- Determinar a influência do tratamento mecânico de superfície do compósito envelhecido sobre a resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado, de acordo com as seguintes hipóteses:
 - H0: A resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado não é influenciada pelo tratamento mecânico de superfície
 - H1: A resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado é influenciada pelo tratamento mecânico de superfície
- Avaliar a influência do envelhecimento do compósito pré-existente em contacto com elixires orais sobre a resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado, de acordo com as seguintes hipóteses:
 - H0: A resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado não é influenciada pelo envelhecimento em elixires orais
 - H1: A resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado é influenciada pelo envelhecimento em elixires orais

- Analisar a influência do tratamento mecânico de superfície do compósito envelhecido sobre o tipo de falha de união produzida no teste de resistência mecânica a tensões de corte, de acordo com as seguintes hipóteses:
 - H0: O tipo de falha de união não é influenciado pelo tratamento mecânico de superfície efetuado
 - H1: O tipo de falha de união é influenciado pelo tratamento mecânico de superfície efetuado

- Estudar a influência do envelhecimento do compósito pré-existente em contacto com elixires orais sobre o tipo de falha de união produzida no teste de resistência mecânica a tensões de corte, de acordo com as seguintes hipóteses:
 - H0: O tipo de falha de união não é influenciada pelo envelhecimento em elixires orais
 - H1: O tipo de falha de união é influenciada pelo envelhecimento em elixires orais

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Preparação dos espécimes

Foram preparados 120 cilindros em compósito nanohíbrido (GrandioSO, cor A3, VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha), utilizado um molde de silicone com 2mm de profundidade e 6mm de diâmetro (figura 1). A espessura dos espécimes foi controlada com uma craveira digital (figura 2). Na tabela 1 encontra-se a informação relativa aos materiais utilizados neste estudo.

Sobre uma placa de vidro foi colocada uma matriz de acetato, e sobre esta foi colocado o molde de silicone. Após o preenchimento do molde com um único incremento de compósito, foi colocada uma nova matriz de acetato sobre a face superior do espécime e exercida ligeira pressão com uma lâmina de vidro para se obter uma superfície plana e uniforme. Os espécimes foram polimerizados, com um fotopolimerizador Ortholux LED Curing Light (3M Unitek, Alemanha), sobre uma das superfícies, com a ponta do fotopolimerizador encostada à matriz de acetato, com intensidade de 900 mW/cm^2 , durante 10 segundos. A superfície mais próxima da fonte luminosa foi identificada e passará a ser referida como o topo do espécime. A intensidade do fotopolimerizador foi avaliada com um radiômetro (Modelo 100 da Demetron Kerr, USA) a cada 20 espécimes produzidos.



Figura 1. (A) Molde utilizado para a produção dos espécimes. (B) Compósito utilizado no estudo.



Figura 2. Craveira digital.

	Fabricante	Referência	Lote	Validade
Grandio®SO	VOCO	2612	1203265	2014-07
SolobondM	VOCO	1226	1202181	2014-07

Tabela 1. Informações relativas aos materiais utilizados no estudo.

2. Protocolo de envelhecimento artificial

Após um período de armazenamento em estufa (24 horas, 37°C, com 100% de humidade relativa), a amostra foi dividida aleatoriamente em 4 grupos de 30 espécimes de acordo com o protocolo de envelhecimento: a) imersão em água destilada (grupo de controlo), b) imersão num elixir com álcool (Listerine, figura 3A), c) imersão num elixir com clorhexidina (Eludril Perio, figura 3B) e d) imersão num elixir sem álcool (Lacer Ouros, figura 3C). Todos os espécimes foram submetidos a um período de envelhecimento total de 5 dias em estufa (37°C, 100% de humidade relativa), durante os quais foram submetidos a 12 ciclos de imersão de 2 horas no respetivo colutório, tendo este sido renovado entre cada ciclo.

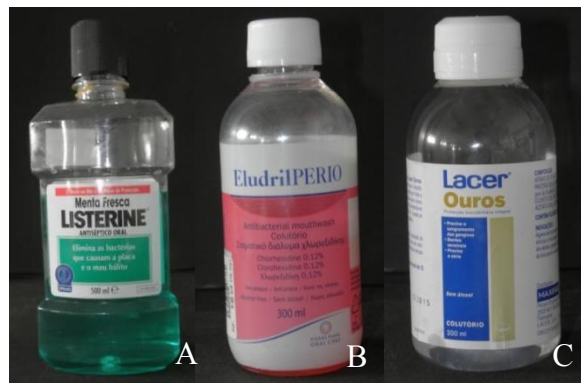


Figura 3. Elixires utilizados no estudo (A) Listerine, (B) Eludril Perio e (C) Lacer Ouros.

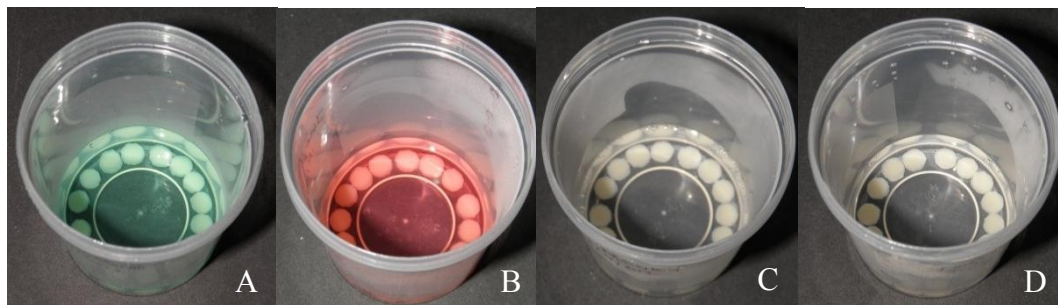


Figura 4. Divisão dos espécimes: (A) Listerine, (B) Eludril Perio, (C) Lacer Ouros e (D) água destilada.

3. Microdureza pós envelhecimento

Após este período de envelhecimento, a microdureza Knoop (HK) do topo de todos os espécimes foi determinada, utilizando um microdurometro (Duramin Struers, Ballerup, Dinamarca), com uma carga de 245 mN aplicada durante 10 segundos. Em cada espécime foram feitas 3 indentações, uma coincidente com o centro e outras duas a 1,5mm da primeira, para cada um dos lados.

4. Tratamento de superfície

Após a determinação da microdureza, os espécimes de cada grupo foram divididos aleatoriamente em 3 subgrupos, de acordo com o tratamento mecânico de superfície a realizar. Desta forma, para o estudo da resistência adesiva foram obtidos 12 grupos experimentais (n=10), esquematizados na tabela 2. Os tratamentos de superfície testados foram:

1. jacteamento com partículas de óxido de alumínio de 50 μm (Danville Engineering Inc, Danville, CA, USA), com uma pressão de 40 psi durante 5 segundos e a uma distância de 5cm;
2. tratamento abrasivo com broca diamantada (806.314, 110.524.018, DZ Diamant), realizando duas passagens perpendiculares entre si com o eixo da broca paralelo à superfície do compósito (figura 5);
3. os espécimes não foram submetidos a qualquer tipo de tratamento mecânico de superfície.

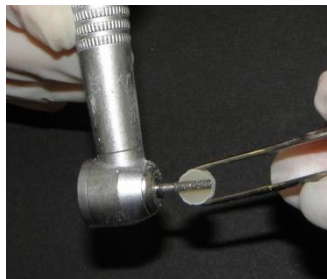


Figura 5. Relação da broca com o espécime.

Grupo	Meio de envelhecimento	Tratamento de superfície
G1	Listerine	Al_2O_3
G 2		Broca
G 3		Sem tratamento
G 4	Eludril	Al_2O_3
G 5		Broca
G 6		Sem tratamento
G 7	Lacer	Al_2O_3
G 8		Broca
G 9		Sem tratamento
G 10	Água destilada	Al_2O_3
G 11		Broca
G 12		Sem tratamento

Tabela 2. Grupos experimentais

5. *Reparação e montagem dos espécimes nas placas de Watanabe*

Para a realização dos ensaios mecânicos foram utilizadas placas de Watanabe. Após a lavagem com água destilada e secagem com seringa de ar durante 5 segundos, os cilindros de compósito envelhecido foram montados, de forma padronizada, numa das placas do dispositivo de Watanabe, com uma película adesiva transparente perfurada, de modo a se obter uma área de adesão com 3 mm de diâmetro (figura 6A).

O sistema adesivo (Solobond M, VOCO, Alemanha) (figura 6B) foi aplicado sobre a superfície com um pincel descartável (figura 6C), de acordo com as instruções do fabricante, deixado repousar durante 30 segundos. A seguir, foi dispersado com jacto de ar suave e polimerizado com Ortholux LED Curing Light (3M Unitek, Alemanha) durante 20 segundos (figura 6D).

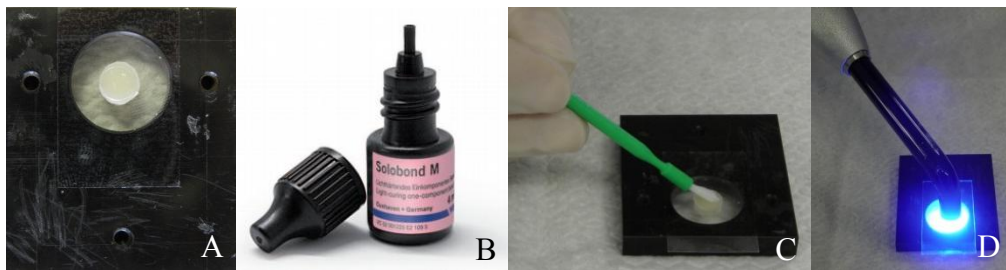


Figura 6. (A) Espécime envelhecido montado numa das placas; (B) Adesivo utilizado; (C) Aplicação do adesivo; (D) Fotopolimerização do adesivo.

Seguidamente, outra placa, a segunda metade do dispositivo de Watanabe, foi aparafusada à primeira (figura 7A). Por fim, o compósito reparador (GrandioSO, cor A3, VOCO Alemanha) foi aplicado em incrementos de 2 mm. Cada incremento foi fotopolimerizado durante 10 segundos (figura 7B). Após a reparação, os espécimes foram mantidos durante 24 horas em estufa a 37°C, com 100% de humidade relativa.

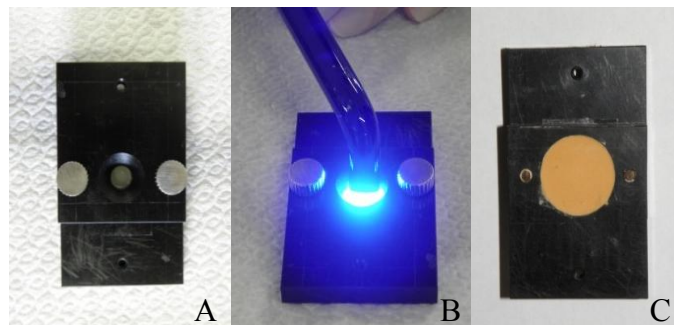


Figura 7. (A) As duas placas de Watanabe aparafusadas; (B) Fotopolimerização do compósito reparador; (C) Aspetto das placas com a montagem finalizada.

6. Ensaio de resistência mecânica – SBS

Determinaram-se os valores de resistência adesiva entre o compósito envelhecido e o incremento de compósito posteriormente adicionado, sob forças de corte, numa máquina universal de testes mecânicos Instron, modelo 4502 (Instron Ltd., Bucks, HP12 3SY, Inglaterra) a uma velocidade de deslocação de 1 mm/min, e uma célula de carga de 1kN (figura 8A, 8B e 8C). As forças máximas no momento da fratura foram registadas em Newton e convertidas para valores de resistência adesiva em MegaPascal, de acordo com a área de adesão. Os dados obtidos pela máquina de ensaios mecânicos foram processados através do *software* Instron IX (figura 8D).



Figura 8. (A) Máquina universal de testes mecânicos Instron; (B) e (C) Montagem das placas; (D) Computador com *software* Instron IX.

7. Caracterização do tipo de falha

Após a fratura, foi determinado o tipo de falha de união com recurso a um estereomicroscópio com luz, Meiji Techno EMZ-8TR n.º de série 411479 (Meiji Techno Co., Saitama, Japan), com um fator de ampliação de 10 vezes.

O tipo de falha observado foi classificado consoante o local em que ocorreu em: 1 – falha coesiva no compósito envelhecido; 2 – falha adesiva/coesiva no compósito envelhecido; 3 – falha adesiva, com fratura limitada ao sistema adesivo; 4 – falha adesiva/coesiva no compósito reparador; 5 – falha coesiva no compósito reparador; 6 – falha adesiva/ coesiva no compósito reparador/ coesiva no compósito envelhecido.



Figura 9. Estereomicroscópio Meiji Techo EMZ-8TR

8. *Análise estatística*

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com o programa IBM SPSS Statistics 20.0.0 for Mac (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), tendo sido fixado o nível de significância estatística em 5%.

Os valores de microdureza foram submetidos a análise de variância de uma via (ANOVA) seguida de comparações múltiplas entre os diversos grupos experimentais utilizando o método de Student-Newman-Keuls.

A resistência adesiva foi analisada estatisticamente com os testes paramétricos ANOVA de duas vias, utilizando como variáveis independentes o método de envelhecimento e o tratamento de superfície.

Por se tratar de uma variável ordinal, o tipo de falha de união foi analisado com o teste não paramétrico segundo o método de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

Microdureza – Análise estatística descritiva

Os resultados de microdureza obtidos encontram-se descritos na tabela 3.

Os valores médios de microdureza variaram entre 469,43HK e 530,31HK, tendo o valor mais elevado sido observado no grupo de espécimes envelhecido em água destilada, e o valor médio mais baixo no grupo do Eludril.

	N	Média	Desvio padrão
Listerine (álcool)	30	489,47	48,95
Eludril (clorohexidina)	30	481,32	77,09
Lacer (triclosan)	30	469,43	62,49
Água destilada	30	530,31	65,46

Tabela 3. Análise estatística descritiva dos valores da dureza por meio de envelhecimento.

Microdureza – Análise de variância fatorial (ANOVA)

A análise de variância fatorial – ANOVA de uma via demonstrou que os valores de microdureza foram influenciados de uma maneira estatisticamente significativa ($p=0,002$), pelo tipo de envelhecimento realizado.

As comparações múltiplas realizadas segundo o método de Student-Newman-Keuls, permitiram observar que o grupo experimental da água destilada apresentou valores de microdureza estatisticamente ($p<0,05$) mais elevados em relação aos restantes grupos. Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ($p\geq 0,05$) entre os diversos elixires.

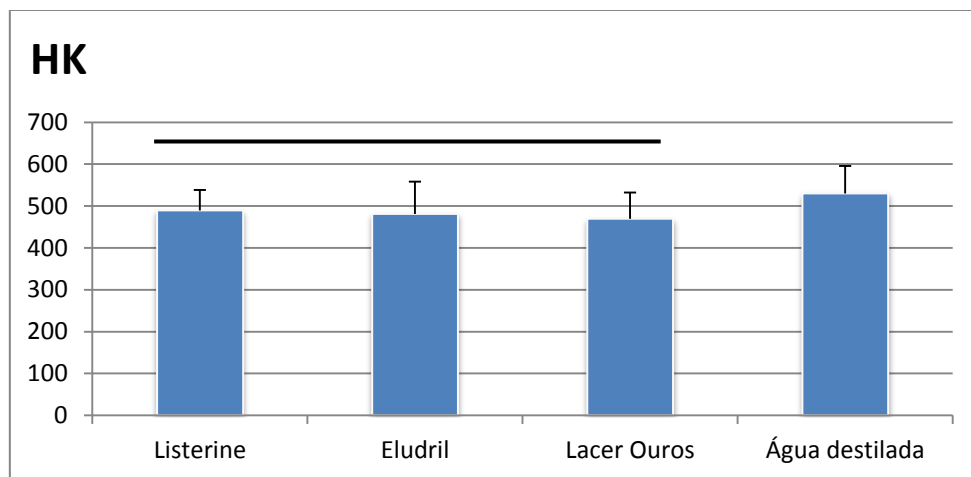


Gráfico 1. Análise de Variância (one-way Anova) com uma dimensão, do teste de microdureza (variáveis independentes: protocolo de envelhecimento; variável dependente: microdureza). Não se verificam diferenças estatisticamente significativas ($p\geq 0,05$) entre as colunas que se encontram sob a mesma linha horizontal.

Resistência adesiva – Análise estatística descritiva

Os resultados obtidos nos testes mecânicos de resistência adesiva a tensões de corte estão descritos na tabela 4.

Os valores médios de resistência adesiva variaram entre 36,21MPa e 50,41MPa. O grupo experimental que apresentou o maior médio absoluto de SBS foi o de água destilada com jacteamto de óxido de alumínio. Por sua vez, o valor mais baixo foi registado no grupo Eludril com broca diamantada.

Tratamento de superfície	Elixir	N	Média	Desvio Padrão
			(MPa)	(MPa)
Al_2O_3	Listerine	10	43,13	14,24
	Eludril	10	41,47	15,45
	Lacer	10	48,09	13,22
	Água destilada	10	50,41	11,88
Broca diamantada	Listerine	10	44,29	9,18
	Eludril	10	36,21	11,08
	Lacer	10	37,14	11,78
	Água destilada	10	44,68	8,19
Sem tratamento	Listerine	10	43,46	12,85
	Eludril	10	42,76	10,89
	Lacer	10	41,80	8,20
	Água destilada	10	44,97	15,83

Tabela 4. Análise estatística descritiva dos valores de teste de resistência mecânica a tensões de corte.

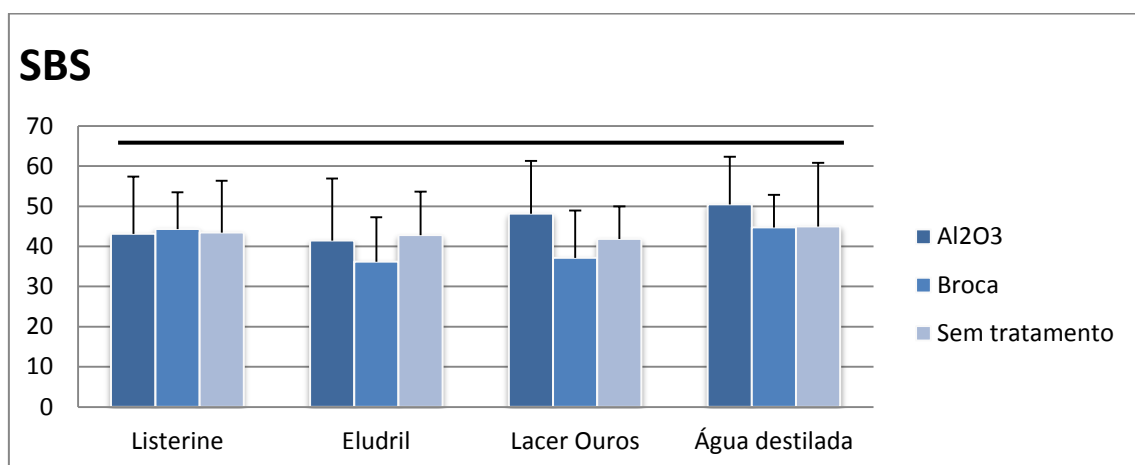


Gráfico 2. Análise de Variância (two-way Anova) com duas dimensões, do teste de SBS (variáveis independentes: protocolo de envelhecimento e tratamento mecânico de superfície; variável dependente: SBS). Não se verificam diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre as colunas que se encontram sob a mesma linha horizontal.

Resistência adesiva – Análise de variância fatorial

A ANOVA de duas dimensões demonstrou que os valores de resistência adesiva não foram influenciados de forma estatisticamente significativa, nem pelo tratamento de superfície ($p=0,165$), nem pelo método de envelhecimento ($p=0,214$). Também não se observou nenhuma interação estatisticamente significativa ($p=0,740$).

Tipo de falha – Análise estatística descritiva

Na tabela 5 é apresentada a distribuição da falha de união observada.

Meio de envelhecimento				Tipo de Falha					
				1	2	3	4	5	6
Listerine	Tratamento de superfície	Al ₂ O ₃	N %	0 0%	2 20%	2 20%	0 0%	2 20%	4 40%
		Broca	N %	0 0%	0 0%	7 70%	1 10%	0 0%	2 20%
		Nada	N %	2 20%	2 20%	3 30%	0 0%	0 0%	3 30%
Eludril	Tratamento de superfície	Al ₂ O ₃	N %	1 10%	0 0%	1 10%	2 20%	1 10%	5 50%
		Broca	N %	1 10%	0 0%	4 40%	1 10%	1 10%	3 30%
		Nada	N %	1 10%	0 0%	2 20%	1 10%	1 10%	5 50%
Lacer	Tratamento de superfície	Al ₂ O ₃	N %	1 10%	0 0%	5 50%	1 10%	0 0%	3 30%
		Broca	N %	1 10%	0 0%	5 50%	1 10%	0 0%	3 30%
		Nada	N %	0 0%	0 0%	7 70%	1 10%	1 10%	1 10%
Água destilada	Tratamento de superfície	Al ₂ O ₃	N %	0 0%	1 10%	4 40%	3 30%	1 10%	1 10%
		Broca	N %	0 0%	0 0%	4 40%	2 20%	1 10%	3 30%
		Nada	N %	0 0%	0 0%	3 30%	1 10%	4 40%	2 20%
Total	Tratamento de superfície	Al ₂ O ₃	N %	2 5%	3 7,5%	12 30%	6 15%	4 10%	13 32,5%
		Broca	N %	2 5%	0 0%	20 50%	5 12,5%	2 5%	11 27,5%
		Nada	N %	3 7,5%	2 5%	15 37,5%	3 7,5%	6 15%	11 27,5%

Tabela 5. Estatística descritiva da análise da falha registrada após teste de resistência mecânica a tensões de corte

Tipo de falha – Análise de variância factorial

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, utilizado para avaliar se existem diferenças entre os grupos para o tipo de falha observado, não revelou diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$).

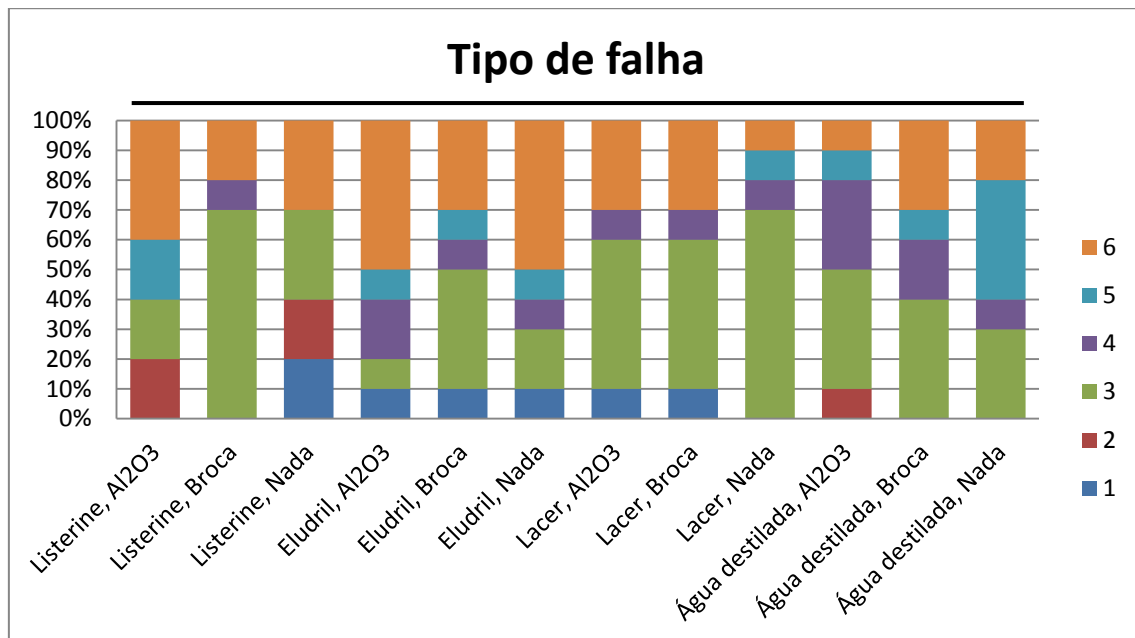


Gráfico 3. Distribuição do tipo de falha de acordo com o grupo experimental. Não se verificam diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre as colunas que se encontram sob a mesma linha horizontal.

DISCUSSÃO

Neste capítulo serão discutidos o protocolo experimental e os resultados obtidos no estudo.

Protocolo experimental

No presente estudo procedeu-se ao envelhecimento artificial dos espécimes mantendo-os 5 dias em estufa, a 37 °C com 100% de humidade relativa, durante os quais foram submetidos a 12 períodos de 2 horas de imersão nos respetivos meios de envelhecimento (Listerine, Eludril, Lacer e água destilada). Optou-se por estes métodos de envelhecimento artificial tendo em conta a ampla utilização de elixires pela população e a existência de estudos que indicam que as propriedades mecânicas das resinas compostas são bastante afetadas pela imersão em meios ácidos e alcoólicos (Yap *et al*, 2001; Francisconi *et al*, 2008; Miranda *et al*, 2011). Em relação ao tempo de envelhecimento dos compósitos que vão ser sujeitos a reparação, não existe consenso na literatura sobre o ideal para simular as condições intra-orais, podendo ser encontrados estudos com períodos de envelhecimento artificial de 9 dias (Ozcan *et al*, 2007), 14 dias (Brosh *et al*, 1997), 60 dias (Staxrud & Dahl, 2011), 6 meses (Rathke *et al*, 2009) e 2 anos (Portugal *et al*, 2002). O fator tempo parece ser importante, na medida em que a degradação hidrolítica das resinas compostas é um processo que ocorre com o tempo, correspondendo uma maior degradação a um período de envelhecimento mais prolongado (Söderholm & Roberts, 1991).

No presente estudo, os 12 períodos de 2 horas foram calculados considerando que um período de 2 horas representa 1 mês de bochechos (4min diários). Pretendeu-se simular no total 1 ano de bochechos. O tempo total de envelhecimento foram 120 horas.

A reparação das restaurações com defeito pode ser efetuada com compósito igual (Tezvergil *et al*, 2003; Rathke *et al*, 2009) ou diferente do compósito pré-existente (Brosh *et al*, 1997). Na prática clínica nem sempre é possível averiguar qual foi o material utilizado na primeira restauração efetuada, a não ser que esta tenha sido efetuada pelo mesmo médico dentista e este tenha feito corretamente o seu registo no arquivo clínico do paciente. Neste estudo, com o objetivo de eliminar possíveis efeitos nos resultados da resistência adesiva da reparação, foi utilizado o mesmo compósito.

Para determinar a força de adesão da reparação recorreu-se ao teste de resistência mecânica a tensões de corte (shear bond strength – SBS). Este tem sido amplamente utilizado para avaliar a resistência da união entre dentina e sistemas adesivos e ainda na reparação de resinas compostas (Brosh *et al*, 1997; Rathke *et al*, 2009; Jafarzadeh *et al*, 2011; Staxrud & Dahl, 2011). O tipo de teste utilizado foi o descrito por Watanabe, em que são utilizadas duas placas planas, uma para fixação do espécime substrato e outra para colocação do material adesivo. Segundo este autor, este teste fornece resultados mais reproduzíveis. Outros autores não consideram o teste de resistência a tensões de corte o teste de resistência ideal para averiguar a resistência da adesão, alegando haver uma distribuição não uniforme das forças na área adesiva, sendo mais afetado o material do substrato do que a interface adesiva (Ozcan *et al*, 2007).

Influência do envelhecimento artificial na microdureza do compósito

A degradação das resinas compostas no meio oral é um processo complexo que não se deve somente ao desgaste físico, mas também a fenómenos químicos já descritos anteriormente. *In vivo*, os compósitos podem ser expostos de forma intermitente ou contínua aos agentes químicos, presentes na saliva, na comida ou nas bebidas, resultando numa diminuição das suas propriedades mecânicas (Yap *et al*, 2001). Uma destas propriedades é a microdureza.

No presente estudo, o grupo de espécimes envelhecido artificialmente em água destilada apresentou valores de microdureza estatisticamente superiores em relação aos outros grupos experimentais. Entre os diferentes elixires não se registaram diferenças significativas. Estes resultados demonstram que a imersão dos compósitos em elixires provoca uma maior degradação da sua superfície, resultando numa menor microdureza, comparativamente à água destilada. Estão de acordo com os resultados obtidos em estudos anteriores (Penugonda *et al*, 1994; Weiner *et al*, 1997; Zhang & Xu, 2008; Miranda *et al*, 2011). Todos os elixires utilizados neste estudo para o envelhecimento artificial, segundo as informações dos fabricantes, contêm álcool que, segundo os referidos autores, provoca grande degradação nas resinas compostas.

Weiner *et al*, no seu estudo de 1997, observaram que discos de compósito imersos em elixires contendo álcool ganharam mais peso comparativamente aos imersos em elixires não alcoólicos. Segundo estes autores, o aumento do peso pode significar sorpção do meio aquoso pelo material. Concluíram então que o aumento de peso era

proporcional à quantidade de álcool, podendo significar uma maior alteração da matriz polimérica. Em relação aos elixires não alcoólicos, tiveram o menor valor de sorção, mas superior à água destilada.

Yap *et al* (2001), no seu estudo sobre a degradação química de compósitos após 1 semana de armazenamento em vários meios, observaram que a imersão numa solução 75%/25% de etanol/água provocou redução da microdureza em todas as resinas compostas estudadas.

Um estudo publicado em 2010, por Almeida *et al*, revelou que a razão de sorção dos compósitos imersos em Listerine foi superior aos imersos em saliva artificial, num elixir sem álcool e noutro com triclosan. Os autores explicam os seus resultados com o baixo pH (4,3), avaliado pelos próprios, e a elevada quantidade de álcool (26,9%). Segundo estes autores, o álcool é um bom solvente de dimetacrilatos, podendo amolecer a matriz polimérica do compósito e entrar para dentro desta. Dentro da matriz, o álcool poderá levar à erosão das partículas de carga, acelerando a sua desagregação.

Por outro lado, os resultados do presente estudo não se encontram de acordo com os resultados obtidos por Hahnel *et al* (2010), que revelaram que o armazenamento dos compósitos em água destilada, saliva artificial ou solução de etanol/água não resultou em diferenças com significado estatístico no que concerne à dureza de superfície.

Os autores dos estudos anteriormente referidos e ainda Miranda *et al* (2011), para além da importância da quantidade de álcool presente nos elixires, atribuem ainda um papel preponderante à possível existência de outros ingredientes potencialmente prejudiciais para as resinas compostas, e ao pH das soluções. No estudo de Yap *et al* (2001), a imersão da amostra em meio ácido conduziu a uma mais profunda dissolução da superfície dos espécimes. Comparativamente à água destilada, a maior acidez pode ter alterado a matriz polimérica das resinas compostas, catalisando os grupos éster dos monómeros presentes. A hidrólise destes grupos parece formar moléculas com capacidade de acelerar a degradação das resinas compostas. Estes fatores devem assim ser tidos em consideração e podem ajudar a explicar os resultados obtidos no presente estudo. Analisando a composição dos elixires utilizados neste estudo, observamos que o Listerine contém ácido benzóico e o Lacer Ouros ácido cítrico na sua composição, o que

pode condicionar o pH destes elixires. No entanto, como no presente estudo não se procedeu à determinação do pH, o efeito deletério desta propriedade nas resinas compostas não pôde ser averiguado.

Influência do envelhecimento artificial e do tratamento mecânico de superfície na resistência adesiva

A rugosidade da superfície, os agentes de união, o material de reparação e o tempo e condições de envelhecimento, são fatores que influenciam a resistência adesiva entre um compósito pré-existente e um compósito novo (Shahdad & Kennedy, 1998).

Estudos prévios mostraram que a força da adesão da reparação foi severamente afetada pelo envelhecimento artificial, quando não se efetuava nenhum tratamento de superfície no compósito pré-existente (Padipatvuthikul & Mair, 2007; Fawzy *et al*, 2008; Staxrud & Dahl, 2011). Os resultados destes estudos anteriores não estão de acordo com o presente estudo, cuja análise revelou que o envelhecimento artificial nos diferentes meios não influenciou de forma estatisticamente significativa os valores da resistência adesiva ao corte. Tal resultado poderá dever-se à não alteração da estrutura química da matriz do compósito, ao ponto de afetar a adesão ao novo incremento de compósito, ou ainda à utilização de um adesivo.

No que concerne aos tratamentos mecânicos de superfície, no presente estudo não houve diferenças estatisticamente significativas entre tratar a superfície com broca diamantada ou com jactamento com partículas de óxido de alumínio. Estes tratamentos também não influenciaram a força de adesão da reparação, em relação ao grupo de controlo em que não foi efetuado nenhum tratamento. Melo *et al* (2011) e Yesilyurt *et al* (2009) obtiveram resultados semelhantes a estes nos seus estudos, concluindo não haver diferenças entre reparação com broca ou com jactamento após envelhecimento artificial, e o grupo de controlo, que não sofreu envelhecimento nem tratamento de superfície.

Contrariamente ao presente estudo, estudos anteriores (Bouschlicher *et al*, 1997; Bonstein *et al*, 2005), concluíram que o tratamento com broca diamantada resultou numa maior resistência adesiva da reparação. Segundo estes autores, este método foi responsável pela criação adicional de macro-rugosidades que podem, por sua vez, expor mais partículas de carga e favorecer a adesão química ao adesivo. Por outro lado,

autores como Brosh *et al* (1997), Lucena-Martín *et al* (2001) e Rathke *et al* (2009), concluíram com os seus estudos que o jactamento com partículas de óxido de alumínio foi mais eficaz na criação de uma boa adesão, devido à criação de uma maior quantidade de micro-rugosidades, sendo estas mais retentivas.

Apesar da retenção mecânica ser considerada por alguns autores o fator principal no processo da reparação (Söderholm & Roberts, 1991), após a criação das micro-retenções é essencial utilizar um adesivo (Brosh *et al*, 1997; Yesilyurt *et al*, 2009). Lucena-Martín *et al*, no seu estudo, também sugerem a existência de um efeito sinérgico entre os tratamentos mecânicos e a aplicação de adesivos. Estes autores obtiveram valores de reparação próximos da resistência coesiva do material combinando jato de partículas de alumínio com a aplicação de um sistema adesivo. Em concordância estão também os estudos efetuados por Shahdad & Kennedy (1998), Padipatvuthikul *et al* (2007) e Staxrud e Dahl (2011), que revelaram que a aplicação de adesivos dentinários aumenta significativamente a força da adesão. Tal pode ocorrer pela ligação química do adesivo à matriz da resina ou às partículas de carga expostas, ou à ligação micromecânica causada pela penetração do adesivo nas micro-rugosidades criadas na matriz. Por outro lado, também permite a formação de uma nova camada superficial, cuja polimerização foi inibida pelo oxigénio, na superfície do compósito tratado, permitindo a adesão de novas camadas de resina composta. O compósito utilizado para efetuar a reparação, para além de ser mais viscoso e ter maior dificuldade em penetrar nas micro-rugosidades criadas pelos tratamentos mecânicos, é hidrófobo, tendo dificuldade em aderir bem ao compósito que vai ser reparado e se encontra saturado (seja por envelhecimento natural ou artificial). Estes problemas podem ser ultrapassados pela utilização do sistema adesivo, que por um lado é mais fluido e penetra facilmente nas rugosidades criadas, formando micro-retenções, e por outro tem carácter anfotérico, podendo ligar-se ao compósito saturado em água e ao compósito novo que vai ser aplicado (Brosh *et al*, 1997; Shahdad & Kennedy, 1998; Rathke *et al*, 2009; Staxrud & Dahl, 2011).

Segundo Yesilyurt *et al* (2009), o efeito dos tratamentos mecânicos pode ser mascarado pela utilização de sistemas adesivos, podendo ser esses efeitos melhor avaliados se um controlo negativo for adicionado ao estudo, sem aplicação de sistema adesivo. Tal facto pode ter ocorrido no presente estudo.

A resistência adesiva necessária para uma boa reparação, clinicamente satisfatória, ainda não foi avaliada *in vivo*. No entanto tem sido relatado que a resistência adesiva a tensões de corte deve ser, pelo menos, 18 a 20 MPa, para clinicamente promover uma adesão suficiente dos espécimes reparados (Lucena-Martín *et al*, 2001; Jafarzadeh *et al*, 2011). Tendo este valor em consideração, os resultados do presente estudo indicam estarmos perante uma reparação com boa resistência adesiva.

Análise do tipo de falha de união registada

A análise do tipo de falha mostrou não haver diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Estes resultados estão em concordância com os valores de resistência adesiva obtidos, tendo em conta que não havendo diferenças na resistência adesiva com os tratamentos mecânicos de superfície e após o envelhecimento artificial, seria de esperar não encontrar diferenças no tipo de falha criado.

Apesar de não ter significado estatístico, as falhas foram predominantemente mistas e adesivas. Este resultado está de acordo com os obtidos por alguns autores, como Portugal *et al* (2002), que obtiveram essencialmente falhas do tipo misto, adesivo-coesivo; e Jafarzadeh *et al* (2011), cujos testes mecânicos de resistência após tratamento da superfície dos espécimes com broca diamantada e aplicação de um adesivo, deram origem, em 75% dos casos, a falhas do tipo adesivo.

Limitações

Não pode ser efetuada uma comparação direta dos valores de resistência adesiva obtidos neste estudo com os valores obtidos por outros autores, bem como dos restantes parâmetros avaliados, na medida em que as respetivas condições experimentais não são iguais. Na sua generalidade, o envelhecimento artificial das resinas compostas acelera a degradação do material, provocando uma diminuição das suas propriedades mecânicas. No entanto, a comparabilidade de estudos envolvendo o envelhecimento artificial dos compósitos é baixa, devido à multiplicidade de métodos disponíveis. Ainda, o facto de se ter utilizado uma marca específica de compósito e adesivo também levanta algumas questões no que toca à possibilidade de generalização dos resultados. Outra limitação do presente estudo é o facto de não se ter avaliado a resistência coesiva da resina composta utilizada, para se poder estabelecer uma comparação com os resultados obtidos da resistência adesiva ao corte.

Surge assim a necessidade de se efetuarem mais ensaios clínicos controlados e randomizados, se possível *in vivo*, de forma a obter um maior grau de evidência científica.

CONCLUSÕES

Tendo em conta as limitações deste estudo e após a análise dos resultados obtidos é possível concluir que:

1. A microdureza superficial das resinas compostas é influenciada pela imersão em elixires (Listerine, Eludril e Lacer). A imersão nos diferentes elixires resultou numa menor dureza em comparação com a imersão em água destilada.
2. A resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado não é influenciada pelos tratamentos mecânicos de superfície.
3. A resistência adesiva ao corte entre os dois incrementos do compósito reparado não é influenciada pelo envelhecimento em elixires orais.
4. O tipo de falha de união não é influenciado pelo tratamento mecânico de superfície efetuado.
5. O tipo de falha de união não é influenciada pelo envelhecimento em elixires orais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG, da Silva EM. The effect of mouthrinses on salivary sorption, solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. *Oper Dent*. 2010;35:105-111.
2. Bagheri R, Tyas MJ, Burrow MF. Subsurface degradation of resin-based composites. *Dent Mater*. 2007;23:944-951.
3. Bernardo M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitão J, DeRouen TA. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc*. 2007;138:775-783.
4. Bhatti SA, Walsh TF, Douglas CW. Ethanol and pH levels of proprietary mouthrinses. *Community Dent Health*. 1994;11:71-74.
5. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Teaching of direct composite restoration repair in undergraduate dental schools in the United Kingdom and Ireland. *Eur J Dent Educ*. 2012;16:e53-8.
6. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Teaching of the repair of defective composite restorations in Scandinavian dental schools. *J Oral Rehabil*. 2012;39:210-216.
7. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J Jr, Bush PJ. Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *J Adhes Dent*. 2005;7:41-9.
8. Bouschlicher MR, Reinhardt JW, Vargas MA. Surface treatment techniques for resin composite repair. *Am J Dent*. 1997;10:279-283.
9. Brosh T, Pilo R, Bichacho N, Blutstein R. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent*. 1997;77:122-126.
10. Cavalcanti AN, De Lima AF, Peris AR, Mitsui FH, Marchi GM. Effect of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19:90-98.
11. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater*. 2012;28:87-101.
12. de Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Bueno M. Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface

- roughness of two microhybrid dental composites. *J Prosthodont*. 2008;17:323-326.
13. Fawzy AS, El-Askary FS, Amer MA. Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite. *J Dent*. 2008;36:969-976.
 14. Fernández EM, Martin JA, Angel PA, Mjör IA, Gordan VV, Moncada GA. Survival rate of sealed, refurbished and repaired defective restorations: 4-year follow-up. *Braz Dent J*. 2011;22:134-139.
 15. Ferracane JL, Marker VA. Solvent degradation and reduced fracture toughness in aged composites. *J Dent Res*. 1992;71:13-19.
 16. Franscisoni LF, Honorio HM, Rios D, Magalhaes AC, Machado MAAM, Buzalaf MAR. Effect of Erosive pH Cycling on Diferrent Restorative Materials and on Enamel Restored With These Materials. *Oper Dent*. 2008;33:203-208.
 17. Gordan VV, Garvan CW, Blaser PK, Mondragon E, Mjör IA. A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations: results of a seven-year study. *J Am Dent Assoc*. 2009;140:1476-1484.
 18. Gordan VV, Mjör IA, Blum IR, Wilson N. Teaching students the repair of resin-based composite restorations: a survey of North American dental schools. *J Am Dent Assoc*. 2003;134:317-323.
 19. Gordan VV, Shen C, Riley J 3rd, Mjör IA. Two-year clinical evaluation of repair versus replacement of composite restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2006;18:144-53.
 20. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent*. 2010;35:412-419.
 21. Jafarzadeh Kashi TS, Erfan M, Rakhshan V, Aghabaigi N, Tabatabaei FS. An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Oper Dent*. 2011;36:608-617.
 22. Jaffer F, Finer Y, Santerre JP. Interactions between resin monomers and commercial composite resins whit human saliva derived esterase. *Biomaterials*. 2002;23:1707-1719.

23. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, Van Meerbeek B. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater.* 2011;27:701-709.
24. Lucena-Martín C, González-López S, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent.* 2001;86:481-488.
25. Lynch CD, Blum IR, Frazier KB, Haisch LD, Wilson NH. Repair or replacement of defective direct resin-based composite restorations: Contemporary teaching in U.S. and Canadian dental schools. *J Am Dent Assoc.* 2012;143:157-163.
26. Mayworm CD, Camargo SS Jr, Bastian FL Influence of artificial saliva on abrasive wear and microhardness of dental composites filled with nanoparticles. *J Dent.* 2008;36:703-10.
27. Melo MA, Moysés MR, Santos SG, Alcântara CE, Ribeiro JC. Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. *Braz Oral Res.* 2011;25:485-491.
28. Miranda Dde A, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. *Braz Oral Res.* 2011;25:168-173.
29. Moncada G, Fernández E, Martín J, Arancibia C, Mjör IA, Gordan VV. Increasing the longevity of restorations by minimal intervention: a two-year clinical trial. *Oper Dent.* 2008;33:258-264.
30. Moncada G, Martin J, Fernández E, Hempel MC, Mjör IA, Gordan VV. Sealing, refurbishment and repair of Class I and Class II defective restorations: a three-year clinical trial. *J Am Dent Assoc.* 2009;140:425-432.
31. Murdoch-Kinch CA, McLean ME. Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc.* 2003;134:87-95.
32. Oliveira SA, Bernardo M, Portugal J, Leitão J. Reparação imediata de restaurações directas em resina composta utilizando sistemas adesivos self-etching. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac* 2005;46:197-202
33. Örtengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behavior of three composite resin materials. *J Dent* 2001;29:35-41.

34. Örtengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter I. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *J Oral Rehabil.* 2001;28:1106-1115.
35. Ozcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GA, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater.* 2007;23:1276-1282.
36. Padipatvuthikul P, Mair LH. Bonding of composite to water aged composite with surface treatments. *Dent Mater.* 2007;23:519-525.
37. Papacchini F, Toledano M, Monticelli F, Osorio R, Radovic I, Polimeni A, García-Godoy F, Ferrari M. Hydrolytic stability of composite repair bond. *Eur J Oral Sci.* 2007;115:417-424.
38. Penugonda B, Settembrini L, Scherer W, Hittelman E, Strassler H. Alcohol-containing mouthwashes: effect on composite hardness. *J Clin Dent.* 1994;5:60-62.
39. Portugal J, Bernardo MF, Jardim L, Leitão J. Resistência adesiva de restaurações em compósito reparadas após um período de dois anos de envelhecimento. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac.* 2002;43:107-115
40. Rathke A, Tymina Y, Haller B. Effect of different surface treatments on the composite-composite repair bond strength. *Clin Oral Invest.* 2009;13:317-323.
41. Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent.* 2010 Jan;38:29-38.
42. Rodrigues SA Jr, Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater.* 2009;25:442-451.
43. Sadaghiani L, Wilson MA, Wilson NH. Effect of selected mouthwashes on the surface roughness of resin modified glass-ionomer restorative materials. *Dent Mater.* 2007;23:325-334.
44. Shahdad SA, Kennedy JG. Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. *J Dent.* 1998;26:685-694.
45. Sharif MO, Catleugh M, Merry A, Tickle M, Dunne SM, Brunton P, Aggarwal VR. Replacement versus repair of defective restorations in adults: resin composite. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;17:CD005971.

46. Sharif MO, Fedorowicz Z, Tickle M, Brunton PA. Repair or replacement of restorations: do we accept built in obsolescence or do we improve the evidence? *Br Dent J.* 2010;209:171-174.
47. Shen C, Mondragon E, Gordan VV, Mjör IA. The effect of mechanical undercuts on the strength of composite repair. *J Am Dent Assoc.* 2004;135:1406-1412; quiz 1467-1468.
48. Sideridou I, Karabela M, Bikiaris D. Aging studies of light cured dimethacrylate-based dental resins and a resin composite in water or ethanol/water. *Dent Mat.* 2007;23:1142-1149.
49. Sideridou ID, Karabela MM, Vouvoudi ECh. Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites. *Dent Mater.* 2011;27:598-607.
50. Söderholm K-JM, Roberts MJ. Variables influencing the repair strength of dental composites. *Scand J Dent Res.* 1991;99:173-180.
51. Staxrud F, Dahl JE. Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *Eur J Oral Sci.* 2011;119:316-322.
52. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent.* 2003;31:521-525.
53. Voltarelli FR, dos Santos-Daroz CB, Alves MC, Peris AR, Marchi GM. Effect of different light-curing devices and aging procedures on composite knoop microhardness. *Braz Oral Res.* 2009;23:473-479.
54. Watanabe LG, Marshall GW Jr, Marshall SJ. *Dent Mater.* Dentin shear strength: effects of tubule orientation and intratooth location. 1996;12:109-115.
55. Weiner R, Millstein P, Hoang E, Marshall D. The effect of alcoholic and nonalcoholic mouthwashes on heat-treated composite resin. *Oper Dent.* 1997;22:249-253.
56. Yap AU, Chung SM, Rong Y, Tsai KT. Effects of aging on mechanical properties of composite restoratives: a depth-sensing microindentation approach. *Oper Dent.* 2004 Sep-Oct;29(5):547-553.
57. Yap AU, Tan SH, Wee SS, Lee CW, Lim EL, Zeng KY. Chemical degradation of composite restoratives. *J Oral Rehabil.* 2001 Nov;28(11):1015-1021.
58. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M. Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: effect of surface treatments and bonding agents. *J Esthet Restor Dent.* 2009;21:251-260.

59. Zhang Y, Xu J. Effect of immersion in various media on the sorption, solubility, elution of unreacted monomers, and flexural properties of two model dental composite compositions. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19:2477-2483.

Anexo 1

Índice de figuras, tabelas e gráficos

I Figuras:

Figura 1. (A) Molde utilizado para a produção dos espécimes. (B) Compósito utilizado no estudo.	8
Figura 2. Craveira digital	8
Figura 3. Elixires utilizados no estudo (A) Listerine, (B) Eludril Perio e (C) Lacer Ouros.....	9
Figura 4. Divisão dos espécimes: (A) Listerine, (B) Eludril, (C) Lacer e (D) água destilada.	9
Figura 5. Relação da broca com o espécime.	10
Figura 6. (A) Espécime envelhecido montado numa das placas; (B) Adesivo utilizado; (C) Aplicação do adesivo; (D) Fotopolimerização do adesivo.....	11
Figura 7. (A) As duas placas de Watanabe aparafusadas; (B) Fotopolimerização do compósito reparador; (C) Aspetto das placas com a montagem finalizada	11
Figura 8. (A) Máquina universal de testes mecânicos Instron; (B) e (C) Montagem das placas; (D) Computador com software Instron IX.	12
Figura 9. (A) Estereomicroscópio Meji Techo EMZ 8TR	12

II Tabelas:

Tabela 1. Informações relativas aos materiais utilizados no estudo.....	8
Tabela 2. Grupos experimentais.....	10
Tabela 3. Análise estatística descritiva dos valores da dureza por meio de envelhecimento.....	14
Tabela 4. Análise estatística descritiva dos valores do teste de resistência mecânica a tensões de corte.....	16
Tabela 5. Estatística descritiva da análise da falha registada após teste de resistência mecânica a tensões de corte	17

III Gráficos:

Gráfico 1. Análise de Variância (Anova) com uma dimensão, do teste de microdureza	15
Gráfico 2. Análise de Variância (Anova) com duas dimensões, do teste de SBS.....	16
Gráfico 3. Distribuição do tipo de falha de acordo com o grupo experimental	18

Anexo 2

Imagens da falha de união

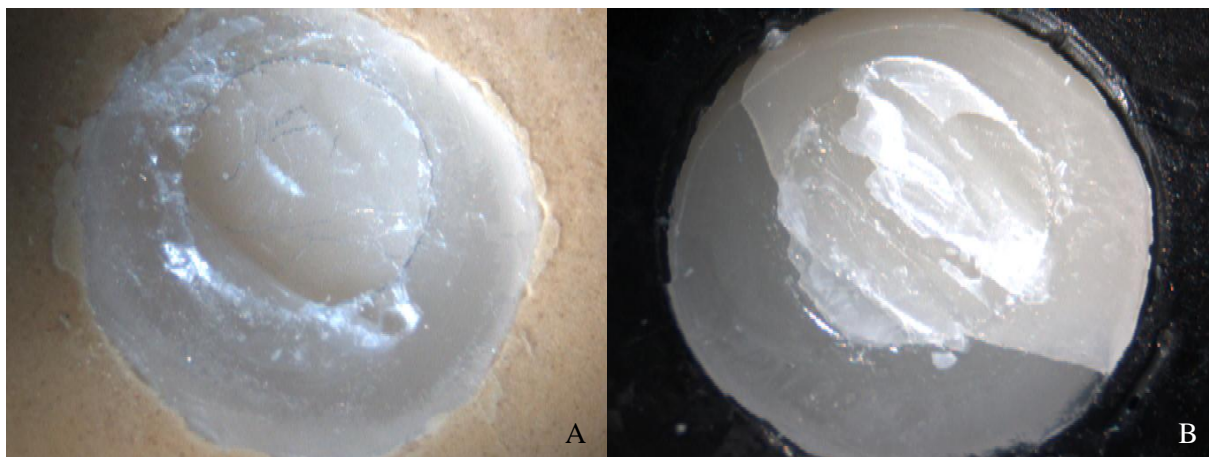


Imagem 1. Falha do tipo 1. (A) Compósito envelhecido, (B) Compósito reparador

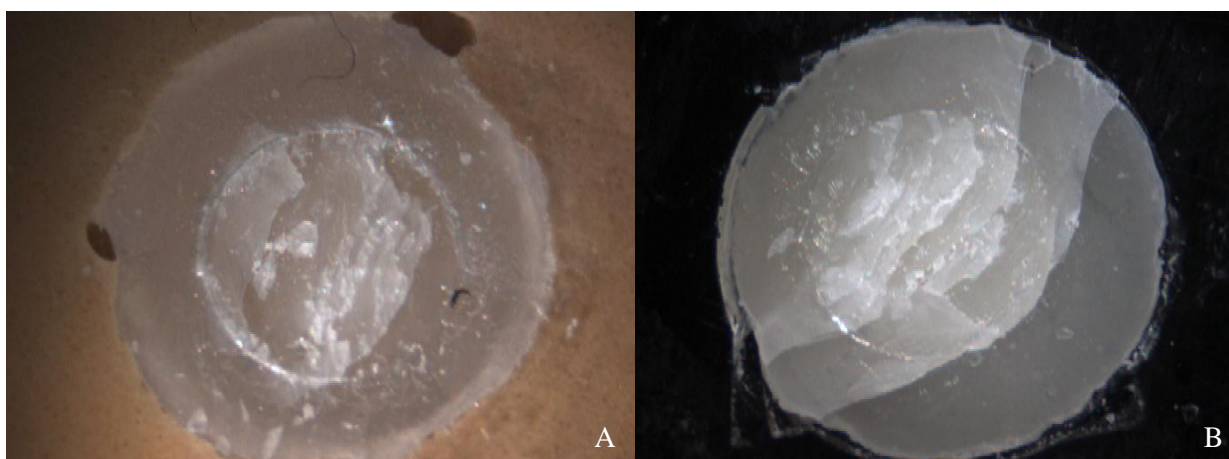


Imagem 2. Falha do tipo 2. (A) Compósito envelhecido, (B) Compósito reparador

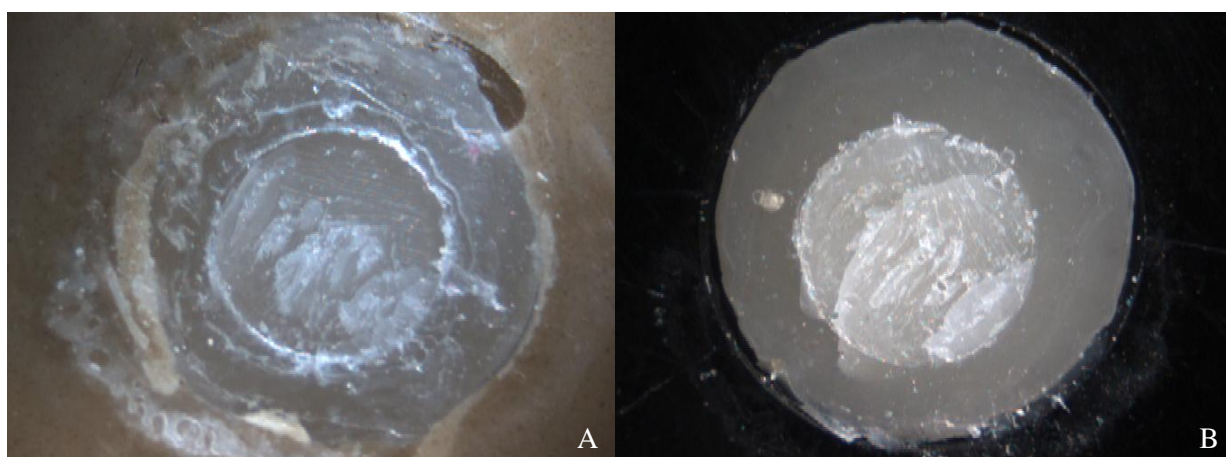


Imagem 3. Falha do tipo 3. (A) Compósito envelhecido, (B) Compósito reparador

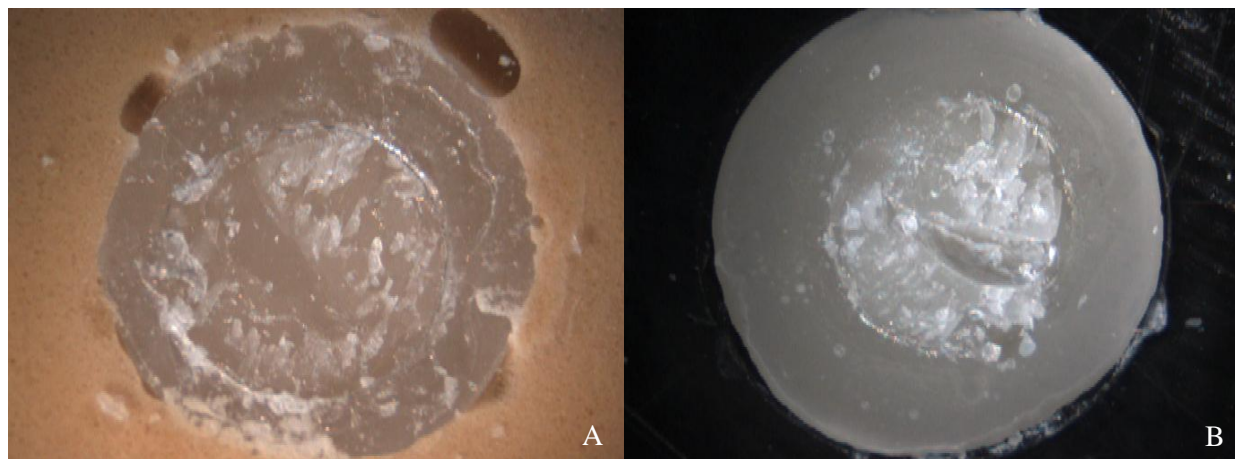


Imagem 4. Falha do tipo 4. (A) Compósito envelhecido, (B) Compósito reparador

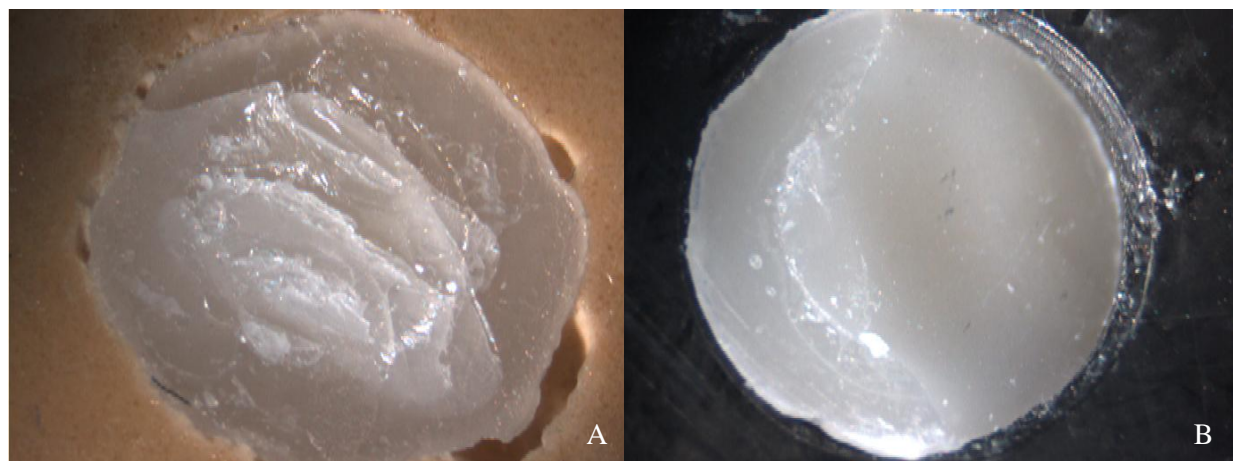


Imagem 5. Falha do tipo 5. (A) Compósito envelhecido, (B) Compósito reparador

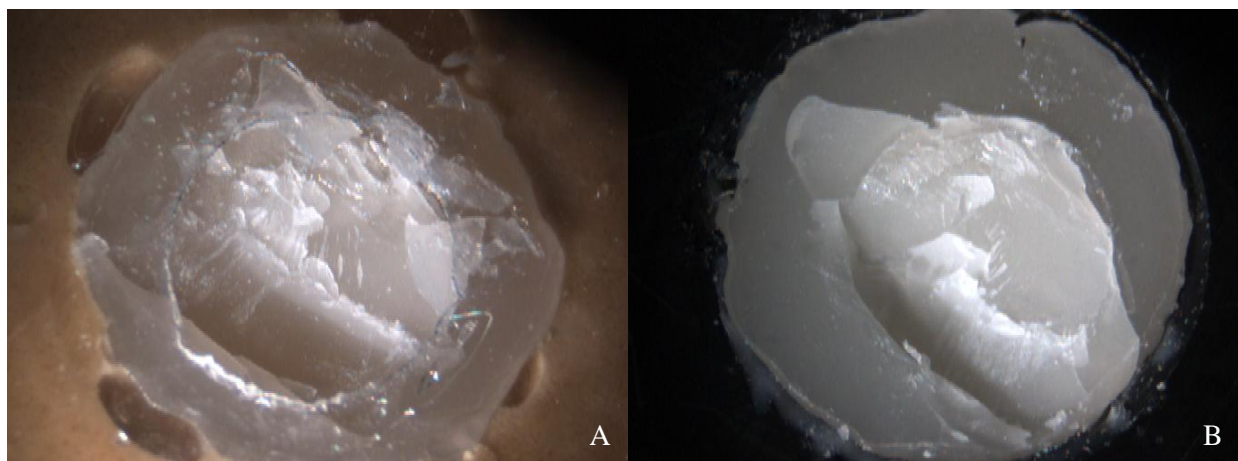


Imagem 6. Falha do tipo 6. (A) Compósito envelhecido, (B) Compósito reparador